

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10029895 A

(43) Date of publication of application: 03 . 02 . 98

(51) Int. Cl

C30B 29/06

-H01L 31/04

(21) Application number: 08187068

(22) Date of filing: 17 . 07 . 96

(71) Applicant: SHARP CORP

(72) Inventor: IGARASHI KAZUTO
MACHIDA TOSHIHIRO
NUNOI TORU
TOMITA KOJI

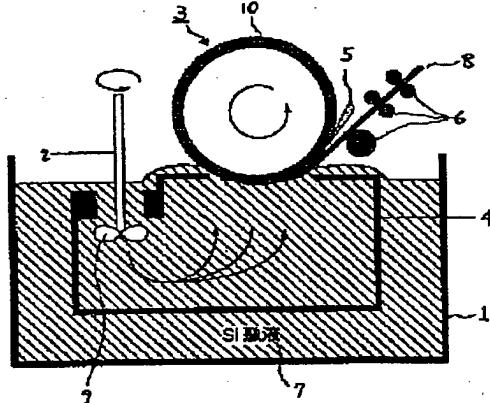
(54) APPARATUS FOR PRODUCTION OF SILICON
RIBBON AND ITS PRODUCTION

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avert the rapid cooling at the time of solidification and to obtain a silicon ribbon having a controlled thickness and a flat surface at a high pulling-out speed by specifying the constitution of an apparatus for producing the silicon ribbon.

SOLUTION: This apparatus comprises a heating and melting section 1 for silicon, a rotary cooling body 3 which is composed of a heat resistant material, more preferably high-density graphite and is coated with a silicon nitride film on the front surface, a mechanism, more preferably stirring propeller device 2 which pressurizes and supplies the silicon melt 7 to the outer peripheral surface of the rotary cooling body 3 by the pressure of its jet and an enclosure wall 4 which is immersed into the silicon melt 7. The silicon melt 7 supplied to the rotary cooling body 3 is circulated in the crucible of the heating and melting section for the silicon by overflowing from the enclosure wall 4 immersed in the silicon melt 7.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-29895

(43)公開日 平成10年(1998)2月3日

(51)Int.Cl.⁶
C 30 B 29/06
H 01 L 31/04

識別記号 503

F I
C 30 B 29/06
H 01 L 31/04

技術表示箇所
503 X

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願平8-187068

(22)出願日 平成8年(1996)7月17日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 五十嵐 万人
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(72)発明者 町田 智弘
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(72)発明者 布居 徹
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(74)代理人 弁理士 梅田 勝

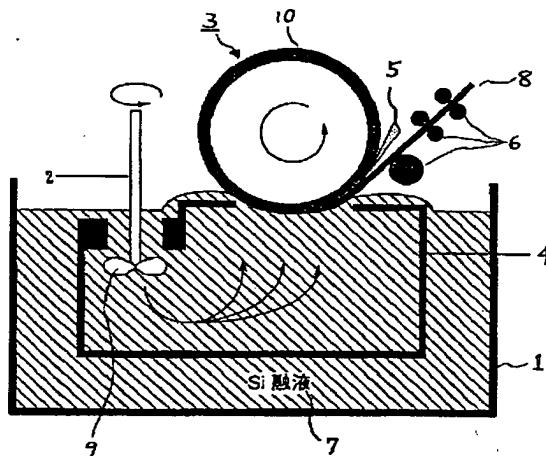
最終頁に続く

(54)【発明の名称】シリコンリボンの製造装置及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】凝固時の急冷を避け、制御された厚さを持ち、表面が平坦で且つ高純度の高速引き出し可能なシリコンリボンの製造装置及び製造方法を得ること。

【解決手段】シリコンの加熱融解部と、耐熱材で構成された回転冷却体と、シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構及びシリコン融液に浸漬した囲い壁から構成されることを特徴とするものである。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】シリコンの加熱融解部と、耐熱材で構成された回転冷却体と、シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構及びシリコン融液に浸漬した囲い壁から構成されることを特徴とするシリコンリボンの製造装置。

【請求項2】請求項1記載のシリコンリボンの製造装置において、前記シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構に攪拌プロペラ装置を用いることを特徴とするシリコンリボンの製造装置。

【請求項3】請求項1記載のシリコンリボンの製造装置において、前記回転冷却体を高密度黒鉛により構成し、該回転冷却体の表面を窒化珪素膜にて被覆したことを特徴とするシリコンリボンの製造装置。

【請求項4】請求項1記載のシリコンリボンの製造装置において、前記回転冷却体に供給されたシリコン融液がシリコン融液に浸漬した囲い壁をオーバーフローし、前記シリコンの加熱融解部の坩堝内を循環することを特徴とするシリコンリボンの製造装置。

【請求項5】請求項1記載のシリコンリボンの製造装置を用いるシリコンリボンの製造方法において、前記回転冷却体の外周面の温度を900°C以上の温度範囲とすることを特徴とするシリコンリボンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として太陽電池等に用いることができるシリコンリボンの製造装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】シリコン融液を回転冷却体を用いて晶出または多結晶化させる方法としては、例えば、特公平7-53569号公報、ケイ素の精製方法（出願人：昭和アルミニウム株式会社）や特開昭61-275119号公報、シリコンリボンの製造方法（出願人：川崎製鉄株式会社）などがある。

【0003】特公平7-53569号公報は、ケイ素の精製方法に関するものであるが、図6に示されるように、粗製珪素中に不活性ガス雰囲気下に中空回転冷却体を浸漬し、この冷却体の外周面に珪素を晶出させることにより、純度99.9%以上の高純度珪素を得ることを目的にしている。

【0004】特公平7-53569号公報の構成は次の通りである。予めるつぼ62内に、粗製珪素例えは、鉄0.50%、アルミニウム0.45%を含有する粗製珪素を入れておき、不活性ガス供給管63から、溶解炉61内に不活性ガス例えは、アルゴンガスを供給し、溶解炉61内をアルゴンガス雰囲気とする。次いで、まずヒータ64により粗製珪素を溶解して溶融珪素とし、これを約1500°Cに加熱保持しておく。次いで、冷却流

2

体供給管65を通して内部に冷却流体を供給しながら、回転冷却体66を回転例えは、回転数400 rpmで回転させる。この操作を10分間程度行った後、冷却体66の回転を停止させる。冷却体66の外周面に珪素塊Sが晶出する。

【0005】次に、特開昭61-275119号公報は、円筒状の回転冷却の円筒面の一部を溶融シリコン中に浸漬し、該回転冷却体を回転させながら円筒面に生成するシリコン凝固殻を引き出すことによるシリコンリボンの製造方法に関するものである。

【0006】図5は従来例の回転冷却体50の構造説明図である。回転冷却体50の構造は、熱伝導性のよい銅などの板で円筒ドラム51を構成し、その内部に水冷あるいは空冷等の冷却機構を設ける。この内部水冷金属体（円筒ドラム）51の外側を耐火物52で覆う。外部耐火物52には窒化珪素セラミックスを用い、円筒部の厚みを3mmとした。この外部耐火物52の円筒部を冷却するため銅製の内部水冷金属体51を内蔵した。そして、内部水冷金属体51による外部耐火物側面53の冷却を防止するため5mmの隙間54を設けた。なお、回転冷却体の円筒部の長さを8cm、直径を10cmとした。この回転冷却体の円筒部表面から2.5cmの位置までを溶融シリコンに浸漬し、回転させながらシリコンリボンを製造する実験を行っている。55は水冷パイプであり、56はその保持部である。

【0007】回転冷却体に用いる耐火物52としては、高温高強度材料として使用される窒化珪素や炭化珪素、窒化硼素などのセラミックスが適している。特に窒化珪素セラミックスが耐熱耐火物として最も適している。また、窒化硼素または窒化硼素を含有するセラミックスは、生成するシリコン中に硼素が微量含有されるとP型太陽電池として有利となる利点がある。

【0008】図4はこの回転冷却体51を用いた従来例のシリコンリボンの製造装置である。同図において、57はシリコン融液であり、58は成長したシリコンリボンである。この従来例では、シリコンリボンの引き上げ速度は10~50cm/min、シリコン融液の過熱度は5°C~25°C（シリコン融点より5°C~25°C高い状態）、回転冷却体の冷却は冷却水を用いており、製造したシリコンリボンの結晶粒径は100μm以上あった。そして、溶融シリコン過熱度をシリコンリボン引き上げ速度によって決まる臨界値（C曲線）より高い値にすることにより、シリコンリボンの割れの発生を防止している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図4に示される従来例では、シリコンリボンの引き出し面は、回転冷却体51の上面に位置している。言い換えれば、シリコン融液を回転冷却体の上に載せて冷却し、シリコンリボンを得る方法である。従って、回転冷却体に接するシリコンリボ

50

ンの表面は耐火物5 2によって規制され、平坦な表面が得られと考えられるが、その外表面を規制するものは何も無く、平坦で、且つ厚さの均一なシリコンリボンは得にくいと考えられる。

【0010】そこで本発明の目的は、凝固時の急冷を避け、制御された厚さを持ち、且つ一方の面はシリコン融液から直接成長するシリコンリボンの製造装置及び製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1記載のシリコンリボンの製造装置は、シリコンの加熱融解部と、耐熱材で構成された回転冷却体と、シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構及びシリコン融液に浸漬した囲い壁から構成されることを特徴とするものである。

【0012】また、本発明の請求項2記載のシリコンリボンの製造装置は、前記シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構に攪拌プロペラ装置を用いることを特徴とするものである。

【0013】また、本発明の請求項3記載のシリコンリボンの製造装置は、前記回転冷却体を高密度黒鉛により構成し、該回転冷却体の表面を窒化珪素膜にて被覆することを特徴とするものである。

【0014】また、本発明の請求項4記載のシリコンリボンの製造装置は、前記回転冷却体に供給されたシリコン融液がシリコン融液に浸漬した囲い壁をオーバーフローし、前記シリコンの加熱融解部の坩堝内を循環することを特徴とするものである。

【0015】更に、本発明の請求項5記載のシリコンリボンの製造方法は、前記回転冷却体の外周面の温度を900°C以上の温度範囲とすることを特徴とするものである。上記、本発明の特徴は請求項1に記載されているように、シリコン融液をシリコンに対して慣れ性の悪い表面をもつ回転冷却体に加圧供給し、融液を冷却体に化学的に付着させず、物理的に押し付けながら凝固させる点にある。

【0016】

【発明の実施の形態】図1乃至図3は本発明の一実施の形態に関する図である。

【0017】本発明の一実施の形態よりなるシリコンリボンの製造装置の略断面図を図1に示す。図1を説明すると、高密度グラファイト（例えば、東洋炭素1G-1など）製の坩堝1、攪拌プロペラ装置2、回転冷却体3、シリコン融液に浸漬した囲い壁4及びセラミックス製の楔5、ガイドローラー6により構成される。7はシリコン融液であり、8は引き出されたシリコンリボンである。攪拌プロペラ装置2の先端に取り付けられたプロペラ9及び回転冷却体3の表面層10は窒化ケイ素膜でコーティングされており、シリコン融液に対する濡れ性を悪くする処理を施してある。そして、このシリコンリ

ボンの製造装置はArガス雰囲気でシールされたチャンバー内に設置されている。シリコンの加熱融解部は上記坩堝1及び坩堝1の側壁及び裏面に設けた高周波加熱コイルより構成されている。また、攪拌プロペラ装置2は、シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構を構成する一例である。

【0018】次に回転冷却体3について説明する。図2は回転冷却体3の略断面図である。回転冷却体3は、熱伝導の良い高密度グラファイト（東洋炭素1G-11）

10 製のドラム11の上に、シリコン融液に対する濡れ性の悪い処理を施した表面層10、を設け、両端にフランジ（ステンレス製）13がある。中心には冷却ノズル14及び15があり、窒素などの冷却ガスが流れる。表面層10はシリコン融液に対する濡れ性の悪い材料で処理されている。例えば、PVA（ポリビニールアルコール）に微粉末の窒化珪素を溶かし、ボールミルにより、スラリー状とする。これをドラム11の上に塗布し、900°C、2時間程度焼成して、表面層10を形成する。この厚さは数十μm程度であり、基体の高密度グラファイト表面にこの窒化珪素膜は強固に付着している。塗布し、焼成する1回の窒化珪素膜の形成により、1回のシリコンリボンの製造の使用に耐えるものである。

【0019】次に、シリコンリボンの製造装置（図1）によるシリコンリボンの製造方法について説明する。容積約25リットルの坩堝1に、高純度多結晶シリコン原料（純度イレブンナイン99.9999999%）を約40kgを入れ、坩堝1の側壁及び裏面に設けた高周波加熱コイルの出力によりシリコン多結晶を融解する。バイロメータ又は熱電対により、相対温度を検出して、シリコン融液の温度を融点（約1420°C）よりも100°C程度高く保つ。この状態で攪拌プロペラ装置2のプロペラ9を回転数100rpm程度で回転させ、シリコン融液7を回転冷却体3の下部に設けた囲い壁4内に送り込む。シリコン融液は回転冷却体3の濡れ性の悪い表面層10に加圧供給され、囲い壁4の上部をオーバーフローして坩堝1に戻り、循環供給される。この時の回転冷却体3のシリコン融液への浸漬の深さはおよそ20m程度と推定される。また、1回のシリコン多結晶の充填により得られるシリコンリボンの長さは、40~80m程度である。

【0020】シリコン融液の回転冷却体3の表面層10への加圧供給の方法としては、この他にピストンによる加圧もしくは囲い壁4と坩堝1の高低差を利用することもできる。

【0021】シリコン融液の回転冷却体3の表面層10に当たる圧力としては10gf/cm²の大きさであるが、基板の成長面（10×10cm）全体に対しては、ほぼ1kgの大きさになることで、引き出し中のシリコンリボン8の回転冷却体3への保持強度としては十分な応力である。この装置の回転冷却体3の大きさは、直径

20 cm、長さ12 cmの円筒状を用い、囲い壁4でシリコン融液7が当たる部分が上記の回転冷却体3の表面層10に限定されるようにした。この回転冷却体3の冷却方法としては、図2に示されるように、工業用高純度窒素ガスを流量170リットル／分程度流すことにより、表面層10が連続成長状態で、約1300°C程度の表面温度となるように制御した。

【0022】また、シリコンリボンの最初の引き出しは次のようにして行われる。冷却体3の表面層10に予めカーボンネットを巻き付けておき、装置外部までネットを引き出しておく。冷却を開始し、カーボンネット上に固体シリコンの付着が始まった時点で、回転冷却体を回転はじめ、この回転に同期して、カーボンネットを外へ引き出す。カーボンネット上に成長した固体シリコンを種として、シリコンリボンが連続的に引き出される。

【0023】この円筒状の回転冷却体3（直径20 cm）を25 rpm程度で回転させ、連続的に幅10 cm程度、厚さ0.5 mm～1.0 mm程度のシリコンリボン8を連続成長させることができた。シリコンリボンの引き出し速度は3～15 m／分、回転冷却体3の回転速度は8～25 rpm程度である。そして、シリコンリボンの製造装置が不活性なArガス雰囲気下にあるため、引き出されたシリコンリボンの表面は金属光沢をしている。

【0024】回転冷却体3の表面層10に接しないシリコンリボンの表面は、金属光沢のあるほぼ平坦な面が得られるので、そのままの表面の表面状態を用いて拡散法は勿論のこと、エピタキシャル法、ショットキー法などの接合形成や所望の製膜形成が可能である。

【0025】また、この回転冷却体3の表面層10の表面が平坦の場合、表面の粗さ（凹凸度）はグラファイト面と同じほぼ平滑な面が得られ、後に述べる太陽電池セルのプロセスに必要な真空チャッキングが可能となり、太陽電池の高効率化のための裏面BSF形成用アルミニウム電極ベースト材料の印刷・合金化などの工程も可能である。

【0026】引き出されたシリコンリボンは、回転冷却体3の表面層10とは化学反応がなく、表面層10には全く固着しないか、若干のシリコン細片が残ることから、セラミックス製の楔5を取り付けることにより、シリコンリボンの小片を完全に除去できる。引き出されたシリコンリボンの取り出しはガイドローラ6を介して、装置壁のガスシールされたスリット部分から取り出すことができる。また、シリコンリボンの厚さは、回転冷却体3に流す冷却ガスの流量、及び回転冷却体の回転数により制御される。

【0027】成長したシリコンリボンの結晶方位は、回転数が約5 rpmと遅い（約3 m／分程度）場合、双晶を媒体とする結晶成長が主体となり、シリコンリボンの結晶方位は<112>方向が優勢となるが、更に引き出し速度を早くするとランダム方位となる。

【0028】このように、引き出し速度が15 m／分程度（25 rpm程度）で作成したシリコンリボンの結晶粒径は0.1 mm～2.0 mm程度とかなり大きく、太陽電池用の半導体基板として十分な品質を有している。

【0029】また、この装置では、冷却体3の直径が20 cmと小さいため、引き出し直後のシリコンリボンは回転冷却体に近い曲率でカールする。しかし、回転冷却体の直径を50 cm以上と大きく取ることにより、このカール現象は緩和される。

【0030】上記の図2の説明において、回転冷却体3の表面層10の表面形状は平坦なものであったが、深さ0.07 mm、ピッチ0.07 mm程度のU字型またはV字型の加工を施すことができる。冷却体3の表面形状としては、太陽電池となった時の受光面側の反射低減のため、あらかじめ冷却体3表面に微細な凹凸形状、構形状などの加工を行うことにより、片面が逆凹凸形状表面、逆溝形状表面を有するシリコン基板の作製が可能になり、太陽電池など光を基板内部により多く取り込む必要のあるデバイスにおいては特に有効になる。この表面層の凹凸化処理によるシリコンリボンの特有の効果は、表面層の凹凸化処理により、入射光の閉じ込め効果が大きくなり、多くの入射光を基板内部に取り込むこと結果、光変換効率を高めることができる。

【0031】次に、得られたシリコンリボン（回転冷却体の表面温度が約1300°C付近で成長したもの）の電気的特性を表1に示す。本発明の一実施の形態よりなる例（下段）では、シリコンリボンの寸法が100 mm×100 mm×0.25 mm、成長速度が15,000 cm³/min、基板のタイプはP型、比抵抗0.8 Ω·cm、ライフトタイムが10 μsecである。一方キャスト法（シリコン融液を徐冷により、そのまま多結晶化したもの）の場合は、切り出したウェハの寸法が100 mm×100 mm×0.3 mm、成長速度が350 cm³/min、基板のタイプはP型、比抵抗1 Ω·cm、ライフトタイムが25 μsecである。本発明のシリコンリボンは、従来のキャスト基板の特性に極めて近い優れた電気的特性を持つことを示している。シリコンリボンのP型へのドーピング方法は、B（ボロン）を含む高濃度Siペレットの添加によって行う。

【0032】

【表1】

	半導体基板の寸法 (mm)	成長速度 (cm ³ /min)	導電型	比抵抗 (Ω cm)	ライフタイム (μsec)
本発明	100×100×0.25	15000	P型	0.8	10
キャスト法	100×100×0.3	350	P型	1	25

【0033】さらに、本発明によるシリコン融液の精製効果についての結果を表2に示す。図1に示した本発明によるシリコンリボンの製造装置を用い、原料として金属シリコンを用いた場合の不純物元素の分析をICP発光法により行ったところ、原料の不純物（単位：ppm）、Caが400、Bが21、Pが64、Feが230、A1が450、Mnが146、Mgが18、であって

*たものが、精製効果（偏析現象）により、本発明では、Caが24、Bが16、Pが31、Feが70、A1が220、Mnが3、Mgが<1、と高純度化することができた。

【0034】

【表2】

(単位：ppm)

不純物の種類	Ca	B	P	Fe	A1	Mn	Mg
本発明の半導体基板	24	16	31	70	220	3	<1
金属シリコン（原料）	400	21	64	230	450	146	18

【0035】次に、通常の方法により、太陽電池セルを作成した。シリコンリボンをYAGレーザ装置を用いて10cm角に切断した。工程手順の一例は、基板のエッチング→テクスチャエッチ→P拡散→酸化膜除去→反射防止膜の形成→バックエッチ→裏面電極の形成→焼成→表面電極印刷→焼成→などの一般的な手法である。

【0036】このようにして得られた太陽電池セル（面積約100cm²程度で割れの生じる条件のシリコンリボンでは数cm²程度である）の特性はAM1において、表3に示すように、開放電圧V_{oc}=590mV、短絡電流J_{sc}=29mA/cm²、F.F=0.72、変換効率η=12.3%、と優れた特性を示し、従来のCZ法基板、同キャスト基板に準ずる特性であることを示している。

【0037】

【表3】

	開放電圧V _{oc} (mV)	短絡電流J _{sc} (mA/cm ²)	フィルファクタ F.F	変換効率 (%)
本発明	590	29	0.72	12.3
CZ法	620	35	0.75	16.3
キャスト法	610	33	0.74	14.9

【0038】冷却体3の表面温度と、成長したシリコンリボンで作製した太陽電池の光電変換効率の関連性について行った実験結果を図3に示す。この図は、横軸に冷却体3の表面温度を、縦軸に太陽電池の変換効率を取ったものであり、図中、○印はシリコンリボンの割れの発生しなかった条件を示し、▲印はシリコンリボンの割れの発生した条件を示す。▲印の試料では、セル作製時に基板に割れがあり、小面積での特性を示したが、特性の評価には影響がない。そして、シリコン融液が急冷され

る状態での結晶成長ほど、基板の内部応力が高くなり、その基板の半導体特性も同時に低くなつた。この図3の結果から、回転冷却体3の表面層10の温度が、900°C以上の範囲において、良好なシリコンリボンの太陽電池が得られることが分かる。（尚、この時のシリコンリボンの引き出し速度は、1.5m/min程度、回転数25 rpm程度である。）

【0039】

【発明の効果】本発明の請求項1記載のシリコンリボン

の製造装置は、シリコンの加熱融解部と、耐熱材で構成された回転冷却体と、シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構及びシリコン融液に浸漬した囲い壁から構成することにより、平坦性が良く、電気的特性に優れたシリコンリボンを早い引き出し速度により得ることができる。回転冷却体に接していない一方の面は特に平坦性が良いシリコンリボンを得ることができる。また、回転冷却体を高密度黒鉛により構成することで、その表面温度をシリコン融点に近い高温状態で作動させることができる。

【0040】また、本発明の請求項2記載のシリコンリボンの製造装置は、前記シリコン融液を噴流の圧力によって回転冷却体の外周面に加圧供給する機構に攪拌プロペラ装置を用いることを特徴とし、物理的な方法のため、高純度の半導体シリコンリボンを得ることができる。

【0041】また、本発明の請求項3記載のシリコンリボンの製造装置は、前記回転冷却体を高密度黒鉛により構成し、該回転冷却体の表面を窒化珪素膜にて被覆したことを特徴とし、シリコン融液を高純度に保持することは勿論、高純度の半導体シリコンリボンを得ることができ。また、シリコンリボンが回転冷却体表面に付着することを防ぎ、連続的にシリコンリボンを引き出すことができる。

【0042】また、本発明の請求項4記載のシリコンリボンの製造装置は、前記回転冷却体に供給されたシリコン融液がシリコン融液に浸漬した囲い壁をオーバーフローし、前記シリコンの加熱融解部の坩堝内を循環することを特徴とし、シリコン融液のシリコンリボンへの加工効率（加工収率）を高めることができる。

【0043】更に、本発明の請求項5記載のシリコンリボンの製造方法は、前記回転冷却体の外周面の温度を900°C以上の温度範囲とすることを特徴とし、結晶欠陥が少なく、結晶粒径が大きく、結晶平坦性が良く、電気的特性に優れた割れないシリコンリボンを早い引き出し*

* 速度により得る方法を提供することができる。また、偏析現象を積極的に利用することにより、精製効果の優れたシリコンリボンの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態によるシリコンリボンの製造装置の略断面図である。

【図2】本発明の一実施の形態によるシリコンリボンの製造装置における回転冷却体3の略断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態によるシリコンリボンを用いて作成した太陽電池の光電変換効と冷却体3の表面温度との関係を示す図であり、図中、○印はシリコンリボンの割れの発生しなかった条件を示し、▲印はシリコンリボンの割れの発生した条件を示す図である。

【図4】従来例の回転冷却体を用いたシリコンリボンの製造装置の略断面図である。

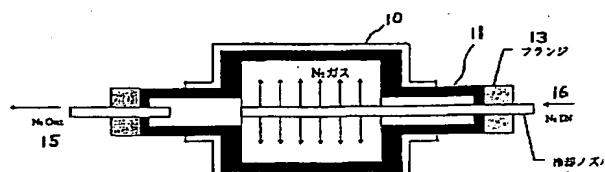
【図5】従来例の回転冷却体の構造説明図である。

【図6】従来例の回転冷却体による粗製珪素ケイ素の精製方法に用いられた装置の略断面図である。

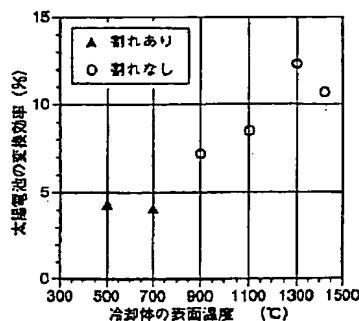
【符号の説明】

- 20 1 高密度グラファイト製の坩堝
- 2 2 攪拌プロペラ装置
- 3 3 回転冷却体
- 4 4 シリコン融液に浸漬した囲い壁
- 5 5 及びセラミックス製の楔
- 6 6 シリコンリボンの取り出用ガイドローラ
- 7 7 シリコン融液
- 8 8 シリコンリボン
- 9 9 プロペラ
- 10 10 回転冷却体3のシリコン融液に対する濡れ性の悪い表面層
- 30 11 転冷却体3の中の熱伝導の良い高密度グラファイト製のドラム
- 12 12 両端のフランジ
- 13 13 冷却ノズル
- 14 14 冷却ノズル
- 15 15 氮ガス
- 16 16 氮ガス
- 17 17 フランジ
- 18 18 ノズル
- 19 19 ノズル
- 20 20 ノズル
- 21 21 ノズル
- 22 22 ノズル
- 23 23 ノズル
- 24 24 ノズル
- 25 25 ノズル
- 26 26 ノズル
- 27 27 ノズル
- 28 28 ノズル
- 29 29 ノズル
- 30 30 ノズル
- 31 31 ノズル
- 32 32 ノズル
- 33 33 ノズル
- 34 34 ノズル
- 35 35 ノズル
- 36 36 ノズル
- 37 37 ノズル
- 38 38 ノズル
- 39 39 ノズル
- 40 40 ノズル
- 41 41 ノズル
- 42 42 ノズル
- 43 43 ノズル
- 44 44 ノズル
- 45 45 ノズル
- 46 46 ノズル
- 47 47 ノズル
- 48 48 ノズル
- 49 49 ノズル
- 50 50 ノズル
- 51 51 ノズル
- 52 52 ノズル
- 53 53 ノズル
- 54 54 ノズル
- 55 55 ノズル
- 56 56 ノズル
- 57 57 ノズル
- 58 58 ノズル

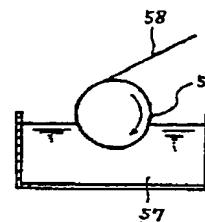
【図2】



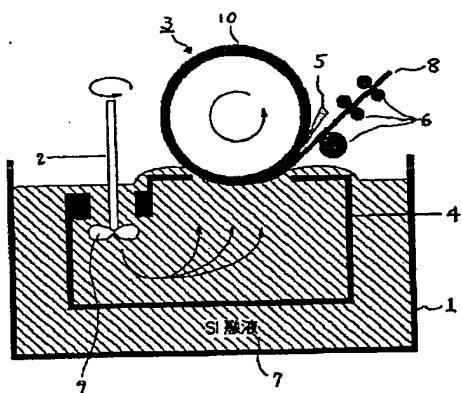
【図3】



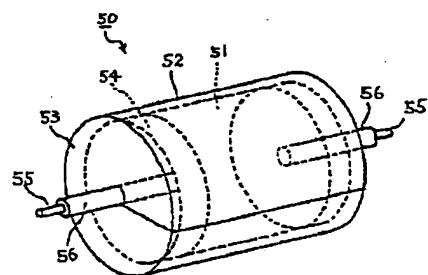
【図4】



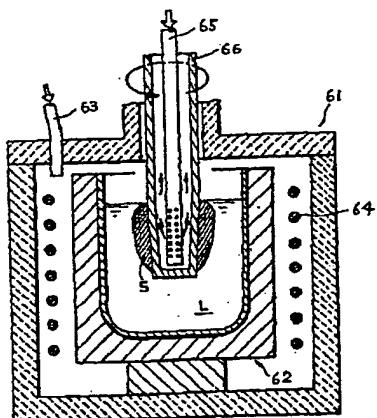
【図1】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 富田 孝司
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内